

国名	短期気候変動励起源地域における海陸観測網最適化と高精度降雨予測プロジェクト
インドネシア	

I 案件概要

事業の背景	<p>インドネシアは、泥炭地から発生する二酸化炭素（CO2）を含め、31.43億トンのCO2を排出する、中国、米国に次ぐ、世界第三位の温室効果ガス排出国であった（国際湿地保全連合年次報告書）。他方、2007年12月、バリで開催された第13回国連気候変動枠組条約締約国会議（UNFCCC COP13）において、インドネシア政府は、気候変動に対する包括的な緩和策・対策の実施に向けた、「気候変動対策国家行動計画」を発表した。その様な状況の中、インドネシア政府は、気候変動に関する観測データの統合管理（Nusantara Earth Observation Network：NEONET）を推進していた。また、インドネシアは、全地球観測システム（GEOSS）の加盟国として、気象レーダーに基づく地球観測及び海洋観測ブイに関する研究実績を積み上げていた。しかしながら、短期気候変動に関する最適な観測網の整備は、インドネシアにおいて依然として限定的であった。</p>														
事業の目的	<p>本事業は、海大陸研究拠点（MCCOE）の制度的枠組みの策定、短期気候変動の観測及び予測に係る技術の構築、ブイの建設及び運用並びに観測と観測データの品質管理に係る技術開発、研究論文の発表により、極限気候変動の予測の向上と蓄積した観測データの活用に係る研究開発の促進を図り、もって降雨による災害軽減に向けた戦略策定への貢献を目指した。</p> <p>1. 想定された上位目標：なし 2. プロジェクト目標：海陸の観測網最適化と情報活用により、極限気候変動に関する予測精度の向上及び降雨災害軽減対策立案のための研究・開発が推進され、その成果が世界に発信される。</p>														
実施内容	<p>1. 事業サイト：パダン、スルボン、ポンティアナック、マナド、パプア北西沖、ジャワ南西沖 2. 主な活動：1) MCCOEの制度的枠組みの策定、2) 最適化されたレーダー・プロファイラ網による短期気候及び降雨変動の観測及び予測技術の構築、3) ブイの設置計画、建設、運用及び観測に係る技術の開発、4) 観測データの品質管理、保存及び解析に係る技術の開発、5) 研究論文及びハザードマップを含む、その他研究成果の作成 3. 投入実績</p> <table border="0"> <tr> <td>日本側</td> <td>相手国側</td> </tr> <tr> <td>(1) 専門家派遣 18人</td> <td>(1) カウンターパート配置 99人</td> </tr> <tr> <td>(2) 研修員受入 30人</td> <td>(2) 土地・施設 技術評価応用庁（BPPT）内プロジェクト執務室（ジャカルタ及びスルボン）</td> </tr> <tr> <td>(3) 第三国研修 4人（ドイツ）</td> <td>(3) 現地業務費 Ina-TRITONブイ（1、2、3号機）曳航費、Xバンドドップラーレーダー（XDR）及びCバンドドップラーレーダー（CDR）の維持管理費、等</td> </tr> <tr> <td>(4) 機材供与 ブイシステム及び機材、移動式パラメーター・レーダー（MPR）、トレーラー、音波切離装置、等</td> <td></td> </tr> <tr> <td>(5) 現地業務費 旅費、傭人費、等</td> <td></td> </tr> </table>			日本側	相手国側	(1) 専門家派遣 18人	(1) カウンターパート配置 99人	(2) 研修員受入 30人	(2) 土地・施設 技術評価応用庁（BPPT）内プロジェクト執務室（ジャカルタ及びスルボン）	(3) 第三国研修 4人（ドイツ）	(3) 現地業務費 Ina-TRITONブイ（1、2、3号機）曳航費、Xバンドドップラーレーダー（XDR）及びCバンドドップラーレーダー（CDR）の維持管理費、等	(4) 機材供与 ブイシステム及び機材、移動式パラメーター・レーダー（MPR）、トレーラー、音波切離装置、等		(5) 現地業務費 旅費、傭人費、等	
日本側	相手国側														
(1) 専門家派遣 18人	(1) カウンターパート配置 99人														
(2) 研修員受入 30人	(2) 土地・施設 技術評価応用庁（BPPT）内プロジェクト執務室（ジャカルタ及びスルボン）														
(3) 第三国研修 4人（ドイツ）	(3) 現地業務費 Ina-TRITONブイ（1、2、3号機）曳航費、Xバンドドップラーレーダー（XDR）及びCバンドドップラーレーダー（CDR）の維持管理費、等														
(4) 機材供与 ブイシステム及び機材、移動式パラメーター・レーダー（MPR）、トレーラー、音波切離装置、等															
(5) 現地業務費 旅費、傭人費、等															
事業期間	2010年4月～2014年3月	事業費	（事前評価時）390百万円、（実績）415百万円												
相手国実施機関	技術評価応用庁（BPPT）、気象気候地球物理庁（BMKG）、航空宇宙庁（LAPAN）														
日本側協力機関	独立行政法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）														

II 評価結果

<留意点>

【想定された上位目標の評価】

本事業については、討議議事録（R/D）において、上位目標は設定されなかった。本事業の活動では、社会実装及び気候変動に関連する情報の配布に関する取組みが行われていたことから、「気候変動の緩和及び気候変動対策に向けた社会実装」を「想定された上位目標」とすることができる。したがって、本事後評価においては、想定される正のインパクトを通じて、想定される上位目標の達成度を評価するため、以下の事項について検証を行った。

- SIJAMPANG（レーダーによるリアルタイム降雨観測システム）、InaTORITON（気象観測）ブイ、ブイデータリアルタイム品質管理システムを含む、本事業で開発された技術の実用
- GEOSS、世界気候研究計画（WCRP）などの国際的な共同研究に向けた観測データの活用や、世界気象図への活用、全休通信システム（GTS）への伝送による気象観測、SIJAMPANGによる一般向けデータ配信といった社会実装

1 妥当性

【事前評価時・事業完了時のインドネシア政府の開発政策との整合性】

本事業は、気候変動に対する包括的な軽減策、対応策の実施のための、「国家防災行動計画」（2006年～2009年）、「国家中期開発計画（RPJMN）」（2010年～2014年）、環境省による「国家開発計画策定：気候変動へのインドネシアの対応」（2007年）など、気候変動への対応に向けた、インドネシアの開発政策に整合していた。

【事前評価時・事業完了時のインドネシアにおける開発ニーズとの整合性】

本事業は、異常気象をもたらす気候・気象現象が大洋に囲まれた同国に被害をもたらしてきたことから、インドネシアの気候変動に対する研究活動に対する開発ニーズに整合していた。

【事前評価時における日本の援助方針との整合性】

本事業は、環境保全を含む、民主的で公正な社会造りに向けた支援を重点とする、「対インドネシア国別援助計画」（2004年）に整合していた。

¹ SATREPS とは、「地球規模課題対応 国際科学技術協力」（Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development）を指す。

【評価判断】

以上より、本事業の妥当性は高い。

2 有効性・インパクト

【プロジェクト目標の事業完了時における達成状況】

事業完了時点までに、プロジェクト目標は一部達成された。MCCOE の組織的メカニズムの構築は開始されたものの、事業期間中には完了しなかった（指標1）。本事業で収集したブイ海洋観測データは地球規模気候変動に活用され、同じくレーダー観測データは局地的降雨観測に活用された。特に、2013年1月のジャカルタの洪水時に活用された（指標2）。

【プロジェクト目標の事後評価時における継続状況】

本事業の効果は、事後評価時点において継続している。MCCOE は、2013年11月13日に8名の職員をもって設立され、気候・気象技術及び災害警報に関する研究活動に関して機能している。本事業で整備された観測システムにより収集された観測データは、気象気候地球物理庁により、2015年以降、大ジャカルタ圏における気象・気候に関する緩和策や集中的モニタリングに活用されている。また、ブイ海洋観測システムにより収集されたデータも、活用されている。ブイ1号機は、パプア海域に配置後、2013年1月に信号の送信が停止した。しばらくの間、位置情報を発信していたものの、かなり遠くまで流されたため、回収することができる船がなく、バッテリー切れとなったため、発見することができなくなった。そのため、実際の理由は特定することができなかった。予期せぬ事故が発生し、太平洋に漂流したものと推測される。降雨量予測（QPF）を除いては、200カ所における気象データベース、異常気象マップ、エル・ニーニョ-南方振動（ENSO）及びインド洋ダイポールモード（IOD）の発生フェーズにおける降雨予測及びハザードマップといった、本事業の主な研究成果は、技術評価応用庁、気象気候地球物理庁、JAMSTECにより、継続的に整備され、更新されている。加えて、技術評価応用庁及び気象気候地球物理庁は、本SATREPS事業で行われた本邦研修により向上した技術に基づき、2019年から2020年にかけて、インドネシア大統領命令によるプログラムである、インドネシア津波早期警報システム（Ina-TEWS）の整備において、ブイ1号機を活用した協力を行っている。Ina-TEWSはインドネシアの国家予算で賄われ、スンダ海峡（バンテン州の津波の原因となるクラカタウの噴火）とパル沿岸（パルへの津波）に設置されている。

また、気象観測ブイ（Ina TRITON）、Xバンドドップラーレーダー、移動式レーダー（MPR）といった、主な研究機材は、技術評価応用庁により継続して使用されている。Xバンドドップラーレーダーの重要な部分が破損する事故があり、2年間稼働していなかったが、MPRのその他の部分は良好な状態が維持されていた。技術評価応用庁は、破損した部分を入れ替えるため、2億ルピアをかけてスペアパーツを調達したが、修理とスペアパーツの取り付けのため、ドイツからの技術者を待っているところである。

【想定された上位目標の事後評価時における達成状況】

本SATREPS事業では、想定された上位目標は設定されていなかったため、本事後評価では、本事業の「社会実装」について検証を行った。本SATREPS事業の社会実装は、主な研究成果の実施機関及びその他の政府当局による活用により進展している。事業完了後、本事業で開発された技術は、技術評価応用庁及び気象気候地球物理庁、並びに国家防災庁（BNPB）により、活用されている。SIJAMPANGは、国家防災庁による早期警報システムの開発の基盤となっている。Ina TRITONは、技術評価応用庁及び気象気候地球物理庁の研究活動に活用されている。また、ブイデータ品質管理システムは、Ina-TEWSの更なる開発に向けた研究のために、技術評価応用庁に利用されている。さらに、SINTEX-F²を活用した既設予測システムは、農業省及び国家防災庁により農業向けに適用されている。

【事後評価時に確認されたその他のインパクト】

事後評価時点において、いくつかの正のインパクトが確認された。技術評価応用庁及び気象気候地球物理庁は、データ品質管理、観測、レーダー運用及びデータ解析の能力を向上させた。加えて、BPPTは、現在ではMPRを活用して降雨のみならず、煙など他の変数についても検出できるようになっている。また、BPPTは、Ina TRITON向けのブイの生産を行えるようになった。気象気候地球物理庁は、レーダーの運用能力やレーダーデータの解析能力を向上させたことから、インドネシア全体に気象レーダーを整備することができた。宇宙航空庁は、上層大気圏の研究を行っている。

本SATREPS事業による負のインパクトは確認されなかった。

【評価判断】

以上より、本事業の有効性・インパクトは高い。

プロジェクト目標の達成度

目標	指標	実績
(プロジェクト目標) 海陸の観測網最適化と情報活用により、極限気候変動に関する予測精度の向上及び降雨災害軽減対策立案のための研究・開発が推進され、その成果が世界に発信される。	(指標1) MCCOEの制度的、組織的メカニズムが機能する。	達成状況：未達成（達成） （事業完了時） ● 2013年11月にMCCOE用の新棟が開所した。 ● MCCOEの組織的メカニズムの構築が開始されたが、事業完了時までには完了せず、機能していなかった （事後評価時） ● MCCOEは、気候・気象技術及び災害警報に関する研究活動に関し、機能している。
	(指標2) 気候変動に関する研究開発の社会的応用が、新たにインドネシアに導入される。	達成状況：達成（継続） （事業完了時） ● ブイ海洋観測データは、地球規模の気候変動に活用された。 ● レーダー観測データは、局地的降雨観測に活用され、特に、2013年1月に発生したジャカルタの洪水で活用された。 （事後評価時） ● 本事業で整備された観測システムにより収集された観測データは、気象気候地球物理庁により、2015年以降、大ジャカルタ圏の気候・気象影響の緩和や集中的なモニタリングに活用されている。

(出所) 終了時評価報告書、気象気候地球物理庁及び技術評価応用庁から提供された情報

² 欧州及び日本の協力により開発された、季節予測のためのスーパーコンピューターモデル。

3 効率性

事業期間は計画内に収まった（計画比：92%）が、事業費は計画をわずかに超えた（計画比：106%）。アウトプットは計画どおりに達成された。よって、本事業の効率性は中程度である。

4 持続性

【政策制度面】

「2017年～2019年国家研究優先課題に係る省規則2018年度第40号」では、科学技術省の重点課題の一つとして災害管理に焦点が当てられている。また、国家防災庁、気候気象地球物理庁、技術評価応用庁は、津波被害軽減に向けたロードマップの実施に向けて、「津波被害軽減」（2012年～2015年）を発行した。これらの政策及び規則は、本事業で整備した観測システム等の社会実装を促進するものである。

【体制面】

技術評価応用庁は、観測データ収集を継続するための組織体制を維持している。技術評価応用庁のもと、地域資源開発技術センター（PTPSW）は、住民の自然災害に向けた啓発及び注意喚起を支援するため、気象・気候に関連する研究及び技術に関連する業務に従事する10名の研究員/職員を有しており、気象変更技術センター（BTMC）では、気象変更技術に関連する中央政府のプログラムに従事する70名の職員を擁している。これらのセンターの人員は、観測データ収集に十分である。本事業で設立されたMCCOEは、気象・気候技術に関する研究と災害警報に関する啓発を所管している。MCCOEのPTPSWでは、研究活動に従事する7名の研究員と3名の事務職員が配置されている。気候気象地球物理庁及び航空宇宙庁については、情報が入手できなかった。

本事業で整備した研究機材の維持管理については、技術評価応用庁が、Ina TRITON、Xバンドドップラーレーダー、Cバンドドップラーレーダー及びMPRの維持管理を担当している。

【技術面】

より誤差の少ない降雨観測及びブイデータ収集を含め、降雨観測及び予測に関する技能及び知識は、技術評価応用庁、気候気象地球物理庁及びMCCOEの研究員により維持されている。特に、実施機関の研究員は、観測機材の運用の技能を有している。また、本事業に参加した研究員は、より高いレベルの教育、国際研究協力、外国での研修により、自身の研究能力の向上を継続して行っている。例えば、一部の研究員は、博士課程での研鑽を継続しており、また別の研究員はJAMSTECや他の国の研究員との国際共同研究を行っている。

【財務面】

研究機材の維持管理については、2014年の事業完了以降、技術評価応用庁はMPR及びXバンドドップラーに関しては、電気代及びインターネット代といった運営費、およそ月額2百万ルピアを負担しており、また、故障したXバンド・ドップラー・レーダーのスペアパーツ購入の費用も賄っている。気候気象地球物理庁及び航空宇宙庁は風況レーダー（WPR）の予算を継続して確保している。ブイ観測システムについては、Ina TRITONがIna TEWSに更新されることになっているものの、未だ運用は開始されていないため、これまでのところ予算は必要となっていない。MCCOEは、科学技術高等教育省に対し、2017年には「沈没船舶の発見のための沿岸音波断層撮影法」及び2019年には「気象レーダー技術及び河川音波断層撮影法に基づくジャカルタ洪水モニタリングシステムの開発」という研究テーマで3億ルピアの研究提案書を提出した。

【評価判断】

以上より、事後評価期間中に気候気象物理庁及び航空宇宙庁の体制面に係る情報収集が限られていたため、本事業によって発現した効果の持続性は中程度である。

5 総合評価

本事業は、プロジェクト目標を事業完了後に達成し、本 SATREPS 事業により収集された観測データに基づいた津波警報システムに関するさらなる研究開発活動を通じ、本事業の成果の社会実装を一部達成した。持続性については、実施機関による研究機材の維持管理に関する資源配分に不透明さがある。効率性については、事業費が計画よりもわずかに超えた。

以上より、総合的に判断すると、本事業の評価は高い。

III 提言・教訓

実施機関への提言：

本 SATREPS 事業では、海洋観測ブイがパプア北西部の近海に設置されたが、事故のため太平洋に漂流し、紛失した。SATREPS 事業において、事業活動に研究機材は不可欠であり、研究活動に影響を及ぼしかねない。同様の事態を避けるため、機材を海洋に設置する際には実施機関が責任をもって適切な対策を講じるべきである。



Xバンドドップラーレーダーの修理用に購入された「マグネトロン」

